

# POTENSI DAN PERANAN PLTS SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF MASA DEPAN DI INDONESIA

Mohamad Sidik Boedoyo

Pusat Teknologi Sumberdaya Energi

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

E-mail : boedoyo@yahoo.com, mohamad.sidik@bppt.go.id

## Abstract

*The success of national development will not be separated from the role of energy supply as a supporting facility, as well as electricity. Given the potential of oil and gas energy are depleted, while coal which is abundant potential reserve but could bring a negative impact to the environment, the development of renewable energy resources for power generation is solution to achieve the national energy security. The utilization potential of solar power for electricity generation is a promising alternative, because a clean environment, unlimited resources and is available throughout the country. The tendency of diminishing the photovoltaic electricity generation cost as well as a variety of its applications to become a positive effect in the development of photovoltaic electricity generation. Integration of PLTS into the National Electrical system will require its own development strategy.*

**Kata kunci:** pembangkitan tenaga listrik, energi terbarukan, strategi pengembangan teknologi photovoltaic.

## 1. PENDAHULUAN

Tenaga listrik merupakan salah satu jenis energi yang sangat diperlukan dalam pembangunan. Oleh karena itu dengan pertumbuhan ekonomi yang diperkirakan sekitar 7%-10% per tahun sampai tahun 2025, konsumsi listrik Indonesia akan meningkat dengan cepat.

Penyediaan tenaga listrik di Indonesia mencapai sekitar 120 GW pada tahun 2025. Untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik ini sesuai Kebijakan Energi Nasional (Kepres No. 5 Tahun 2006) harus dikembangkan berbagai energi alternatif termasuk energi terbarukan, antara lain panas bumi, mikrohidro, surya, angin, samudera, biomasa dan nuklir, yang ditargetkan mencapai lebih dari 17% dari pangsa energi primer nasional.

Panas bumi, hidro dan mikrohidro (ESDM 2009) mempunyai potensi yang cukup besar untuk dikembangkan yaitu potensi panas bumi maksimum 28,18 GWe, hidro sebesar 75 GWe dan mikrohidro 450 MWe.

Untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik pada tahun 2025, maka sumberdaya energi terbarukan yang dapat memberi dukungan secara signifikan adalah panas bumi, biomasa (melalui sampah, limbah, gasifikasi dan BBN) serta surya melalui PLTS. Tenaga angin sesuai dengan kondisi Indonesia sangat terbatas, sedangkan

tenaga kelautan secara teknis dan ekonomis sulit dikembangkan secara besar-besaran.

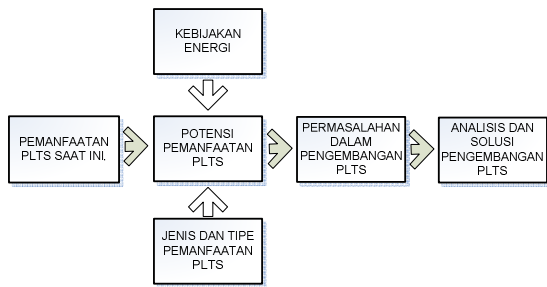
Tenaga surya yang telah dimanfaatkan saat ini adalah salah satu sumber yang paling menjanjikan energi untuk abad ke-21 (Adel El Gammal, 2010), mengingat :

- Bersih; sistem tenaga surya menghasilkan listrik dengan nol emisi gas CO<sub>2</sub> atau polutan lainnya yang berhubungan dengan pemanasan global dan hujan asam.
- Terbarukan; sistem tenaga surya dapat mengkonversi cahaya matahari alami ke dalam penyediaan energi yang tidak terbatas.
- Berlimpah; jumlah sinar matahari dalam setiap jam mengandung energi cahaya setara dengan konsumsi energi total dunia selama satu tahun.

Berkaitan dengan potensi pengembangan PLTS yang prospektif, makalah ini bermaksud untuk mengkaji dan mengulas pengembangan PLTS di Indonesia saat ini dan peluangnya di masa depan.

## 2. BAHAN DAN METODE

Dalam menganalisis pengembangan PLTS sebagai pembangkit listrik yang berperan di masa depan, maka digunakan metoda analisis sesuai dengan aliran proses sebagai berikut.



Gambar 1. Aliran proses pengembangan PLTS di masa depan

## 2.1. Gambaran Umum Sistem PLTS

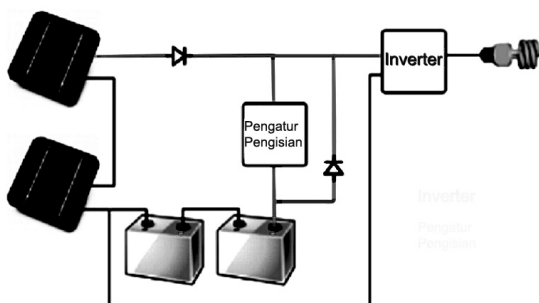
Sifat yang mendasar dari PLTS ialah pembangkitan listrik dilaksanakan hanya pada siang hari. Mengingat sebagian besar wilayah di Indonesia mempunyai beban puncak pada malam hari, maka pemanfaatan PLTS untuk penggunaan malam hari harus memiliki sarana penyimpanan daya.

Unit atau Modul PLTS terdiri dari panel Solar cell, modul pengatur daya, baterai/accu, sarana pengguna seperti lampu, TV, pompa air dan lain-lain.

Pemanfaatan PLTS adalah dibagi dalam tiga sistem, sistem mandiri (*stand alone*), sistem terpusat (*centralized*) dan sistem terhubung jaringan (*grid connected/on-grid*).



Gambar 2. PLTS Grid Connected di BPPT



Gambar 3. Instalasi "Solar Home System"

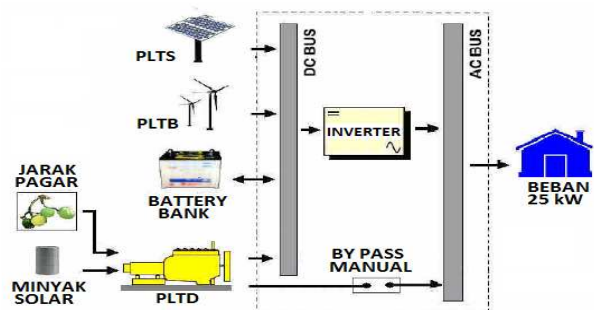
Sistem mandiri terdiri dari dua kategori, yaitu PLTS dengan kapasitas kecil disebut *Solar Home System* dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan kelistrikan rumah-tangga, puskesmas, kantor kelurahan, serta telekomunikasi yang berdiri sendiri dengan kapasitas kecil (50 Wp) maupun sedang (250 Wp). PLTS mandiri dimanfaatkan pada wilayah yang jarak antara rumah yang satu dan rumah yang lain relatif berjauhan.

PLTS terpusat merupakan pengembangan PLTS mandiri yang dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan energi pada suatu wilayah untuk berbagai keperluan, seperti pompa air, penerangan, es untuk para nelayan dan lain-lain. Sistem PLTS terpusat dimanfaatkan pada wilayah belum terlistriki dengan beban terpusat dimana jarak antara rumah yang satu dengan yang lain relatif berdekatan. Penerapan PLTS terpusat pada wilayah dengan perumahan yang berjauhan akan mengakibatkan kehilangan daya yang besar.



Gambar 4. Unit PLTS terpusat

Sistem Hibrida dikembangkan dengan integrasi PLTS dengan PLTD maupun PLT Bayu untuk meningkatkan kinerja sistem kelistrikan PLTD. Penggunaan PLTS dapat menggantikan penggunaan PLTD pada beban dasar di siang hari) sehingga mengurangi pemakaian BBM dan dapat menurunkan biaya pembangkitan listrik.



Gambar 5. Pembangkit Hibrid di Baron, Yogya

## 2.2. Kondisi Saat Ini

Potensi PLTS Indonesia sangat besar, di atas 1 TW. Indonesia adalah negara dengan serapan tenaga surya terbesar di ASEAN, karena matahari ada setiap hari sepanjang tahun. Intensitas radiasi rata-rata 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari, NTB dan Papua tertinggi 5,7 kWh/m<sup>2</sup>/hari dan Bogor terendah 2,56 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Intensitas radiasi ini sangat tergantung dengan cuaca dan awan. Kapasitas terpasang relatif masih rendah yaitu 12.1 MW, tersebar diseluruh wilayah di Indonesia.

Berikut disampaikan program pengembangan PLTS oleh Pemerintah Daerah, BUMN, serta PLTS 1000 pulau oleh PT. PLN, Persero. Diharapkan dengan keberhasilan program ini rasio kelistrikan akan dapat ditingkatkan, dan

mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan BBM, serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Keberhasilan pengoperasian PLTS bukan hanya dengan terpasangnya unit PLTS tetapi pada pengoperasian dan perawatan. Seperti accu akan memerlukan penambahan air demineralized atau air suling. Pada pengoperasi SHS sering dijumpai kelupaan penambahan dan penambahan air yang tidak tepat menyebabkan accu rusak dan sistem tidak beroperasi.

Program pembangunan PLTS tahap I di NTB menerangi 1.000 KK di Lombok Barat, Lombok Tengah, Lombok Timur, dan Lombok Utara. Sementara, pembangunan PLTS tahap II akan menerangi 700 KK di lokasi Kab. Bima, Dompu, Sumbawa, Sumbawa Barat.

Tabel 1 Program – Proyek Pembangunan PLTS (2010 – 2012)

No.	Lokasi Proyek PLTS	Kapasitas	Status	Pelaksana/Pemilik
1	Banda Naire	100 kWp	Operasi	PLN/Grid Connected
2	Gili, Pulau Trawangan	200 kWp	Operasi 2011	PLN/Grid Connected
3	Tual, Pulau Dullah Laut	80 kWp	Operasi	PLN/Grid Connected
4	6 Desa, Kab Halmahera Timur	0,5 kWp	Penyelesaian	PT Antam Tbk
5	Derawan, Bunaken, Raja Ampat, Wakatobi, Banda dan Trawangan	-	Penyelesaian	PLN/Bank Dunia
6	Bunaken	400 kWp	Operasi	PLN/Centrallized
7	Pulau Miangas	85 kWp	Operasi	PLN
8	Pulau Sebatik	340 kWp	Operasi	PLN/Hibrid Diesel
9	213 unit, Sragem, Jawa Tengah	10,65 kWp	Pengelesaian	Pemda. Jawa Tengah
10	Ds. Labuhan Sangor, Maronge Sumbawa	2 penjernih air	Operasi	Pemda/Pem. Jepang-PT. Bio Greenland
11	Madura / Bali	50 MWp	MOU	Pem. RI/Samsung, Korsel
12	Desa Satahi Nuli, Kolang, Tapanuli Tengah 85 unit	4,25 KWp	Operasi	Pemda. Sumut
13	Desa Parausorat Sitabotabo, Saipar Dolok Hole, Tapanuli Selatan, 85 unit	4,25 kWp	Operasi	Pemda Sumut
14	Desa Napa Gadung Laut, Padang Bolak, Padang Lawas Utara, 80 unit	4 kWp	Operasi	Pemda Sumut
15	PLTS berskala kecil di NTB 4 kab Bima, Lontim, Lombar, dan Lomteng	494 unit @ 10 – 55 Wp	Penyelesaian	Pemda NTB Terpasang 5.785 unit di 7 kab., terbanyak di Lombok
16	110 unit PLTS di kab. Lombok Timur dan Bima.	-	APBD 2012	
	KTI (Lokasi belum jelas)	22 MWp	Rencana	

Sumber: <http://energibarudanterbarukan.blogspot.com/2011/02/kondisi-ebt-saat-ini-di-indonesia.html>

## 2.3. Kebijakan Pengembangan PLTS

Visi Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI) adalah **“Mewujudkan Masyarakat Indonesia yang Mandiri, Maju, Adil, dan Makmur”**. Melalui langkah MP3EI, percepatan dan perluasan pembangunan ekonomi akan menempatkan Indonesia sebagai negara maju pada tahun 2025 dengan pendapatan per kapita yang berkisar

antara USD 14.250 – USD 15.500 dengan nilai total perekonomian (PDB) berkisar antara USD 4,0 – 4,5 triliun. Untuk mewujudkannya diperlukan pertumbuhan ekonomi riil sebesar 6,4 – 7,5 persen pada periode 2011 – 2014, dan sekitar 8,0 – 9,0 persen pada periode 2015 – 2025.

Kebijakan Energi Nasional jangka panjang (2006-2025) dalam Perpres No.5. Tahun 2006 mengarahkan sekitar 2% konsumsi listrik dari PLTS. Disamping itu dalam Rencana Aksi

Nasional Gas Rumah Kaca dengan target penurunan emisi CO<sub>2</sub> sampai 26% pemanfaatan PLTS cukup tinggi yaitu 102,1 MW tahun 2014 dan 1.123 MW tahun 2020.

Untuk memenuhi kebutuhan PLTS di Indonesia, tahun 2011 pemerintah memutuskan untuk membangun pabrik PLTS di Indonesia, dan PT LEN Industri (Persero) ditunjuk untuk mengelolanya dengan kapasitas produksi pabrik fotovoltaik 50 MW per tahun menggunakan teknologi *Thin film*. Kemampuan pabrik akan ditingkatkan 10 MW/tahun hingga mencapai 90 MW. Pabrik yang akan menelan investasi US\$ 125 juta atau sekitar Rp,1,25 triliun bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap produk sel surya yang selama ini diimpor.

Kebijakan ini diharapkan dapat mendorong ketahanan dan kemandirian energi nasional dengan penyediaan dan pemanfaatan PLTS domestik yang dapat mengurangi dan menggantikan penggunaan BBM untuk pembangkitan listrik.

#### 2.4. Pengembangan Pembangkit EBT

Untuk dapat mendaya-gunakan energi baru dan terbarukan untuk memberikan bauran energi yang optimum, maka direncanakan mengembangkan sumberdaya energi baru dan terbarukan pada pembangkitan tenaga listrik skala kecil dalam Rencana Umum Pengembangan Tenaga Listrik (RUPTL), 2010 – 2019, PT. PLN, Persero, 2010.

Tabel 2. Rencana Pengembangan pembangkit EBT skala kecil

No.	Pembangkit EBT	Satuan	Tahun										
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
1	PLTMH	MW	40	21	53	110	140	116	120	125	135	140	1000
2	PLTS	MWp	2	5	5	10	15	30	30	30	30	30	187
3	PLT Bayu	MW	0	5	5	8	8	8	10	10	10	10	74
4	PLT Biomasa	MW	4	10	10	10	10	25	25	25	25	25	25
5	PLT Kelautan	MW	0	0	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2	2,5	10
6	PLT Bio-Fuel	MW	0	0,5	2	2	2	3	5	5	10	10	40
7	PLT Gasifikasi Batubara	MW	12	15	15	15	15	25	25	25	30	30	207

Sumber: RUPTL 2010-2019, PT. PLN, Persero

Tabel 2. menunjukkan rencana pembangunan PLTS skala kecil yang pada tahun 2010 hanya mencapai sejumlah 2 MWp, dan dengan pengembangan sejumlah rata-rata 25 MWp per tahun mencapai 187 MWp tahun 2019. Angka ini hanya target PLN, dan belum meliputi instalasi PLTS oleh institusi pemerintah, serta swasta.

Mengingat pengembangan sistem individu/mandiri mempunyai masalah mulai dari instalasi, serta operasi dan perawatan, maka perlu dipikirkan pembangunan PLT energi terbarukan terintegrasi dengan PLTD.

#### 2.5. Permasalahan dalam pengembangan PLTS

Sebagai suatu teknologi yang mampu untuk membangkitkan tenaga listrik tanpa menggunakan bahan bakar dengan biaya pembangkitan yang relatif tinggi, maka PLTS merupakan suatu alternatif untuk diterapkan pada wilayah terpencil yang tidak mempunyai potensi energi lainnya. Pengembangan PLTS mempunyai kendala atau masalah sebagai berikut:

1. Biaya pembangkitan listrik dengan PLTS adalah mahal, dan secara ekonomi hanya bisa bersaing dengan PLTD.
2. PLTS akan memerlukan area yang sangat luas, dimana untuk pembangkitan 100Wp akan memerlukan sekitar 1 M<sup>2</sup>.
3. PLTS hanya membangkitkan listrik pada siang hari sehingga akan memerlukan unit penyimpan daya atau accu/baterai untuk penggunaan listrik di malam hari.
4. Saat ini seluruh kebutuhan *ingot silicon cristalline* sebagai bahan dasar pembuatan sel surya didatangkan dari luar negeri dan belum diproduksi di Indonesia, padahal potensi pasir silika Indonesia sangat besar.
5. Pengembangan PLTS memerlukan operasionil, perawatan, perbaikan dan penyediaan suku cadang termasuk accu yang cukup sulit untuk wilayah terpencil.
6. Pengembangan PLTS secara besar-besaran akan membutuhkan standar atau baku mutu produk, cara pemasangan, cara perawatan serta monitoring.

### 3. HASIL PEMBAHASAN

#### 3.1. Analisis Terhadap Biaya Pembangkitan

Analisis terhadap biaya pembangkitan menunjukkan komponen biaya terdiri dari biaya peralatan, biaya pemasangan, dan biaya perawatan. Perhitungan didasarkan pada unit PLTS 50 Wp, dengan catatan makin besar kapasitas unit harga alat akan makin murah. Peralatan PLTS 50 Wp adalah panel surya, penyimpanan daya accu 70 AH, pengatur daya (inverter) serta peralatan penerangan 2 lampu LED 5 Watt @ Rp. 150.000, dimana biaya modul keseluruhan mencapai Rp. 6 juta. Umur peralatan 20 tahun, accu berumur 3 tahun dengan harga Rp. 350.000, biaya perawatan yang meliputi pembersihan serta penambahan air accu, waktu operasi 365 hari dan 5 jam sehari. Perhitungan langsung menunjukkan listrik yang dihasilkan: 5 jam X 50 watt X 365 hari = 91,25 KWh per tahun.

Biaya pembangkitan listrik dengan PLTD adalah sekitar Rp. 2.200 per KWh, sehingga PLTS akan dapat berkompetisi bila mendapatkan faktor diskonto atau bunga pinjaman yang lunak 5% atau 3,5% per tahun. Untuk meningkatkan keekonomiannya, PLTS dapat diintegrasikan dengan PLTD dengan sistem hibrid sehingga tidak memerlukan media penyimpan. Dalam kondisi ini maka akan diperoleh biaya pembangkitan yang lebih bersaing seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan biaya pembangkitan

Fk. Diskonto	Sistem	Biaya Rp/KWh
10%	SHS	2.565
5%		1.935
3,5%		1.790
10%	Hibrid	2.033
5%		1.570
3,5%		1.470

Sumber: Perhitungan sendiri (*double decl. meth.*)

Perlu analisis kualitas dan umur hidup panel dengan menerapkan standar kualitas dan operasi agar tidak diperoleh masalah di masa mendatang.

Pemanfaatan PLTS yang makin berkembang di dunia secara umum akan menurunkan biaya produksi. Kondisi ini menyebabkan PLTS di masa mendatang akan makin bersaing dengan pembangkit berbahan bakar fosil maupun energi terbarukan lainnya.

Pemanfaatan PLTS sistem Mandiri (SHS) untuk perumahan di Jawa maupun luar Jawa akan berkembang bila faktor keekonomian telah

tercapai, yang dapat diharapkan dari penurunan biaya pembangkitan PLTS maupun penyesuaian Tarif Dasar Listrik.

Hal diatas akan memerlukan dukungan Pemerintah melalui kebijakan pengembangan energi terbarukan khususnya PLTS.

Mengingat pulau Jawa sudah tidak menggunakan PLTD, maka PLTS sangat menguntungkan bila dimanfaatkan diluar Jawa.

#### 3.2. Analisis Terhadap Area Kerja

PLTD untuk penerangan desa mempunyai kapasitas yang cukup besar sekitar 6 KVA dengan operasi 6 jam sehari akan memproduksi listrik sekitar 21 KWh. Produksi listrik sebesar itu akan memerlukan penyediaan modul PLTS yang meliputi area sekitar 50 - 60 meter<sup>2</sup>. Dari kondisi ini dapat dipastikan bahwa penerapan PLTS sebagai substitusi PLTD akan sulit untuk wilayah perkotaan yang membutuhkan daya listrik sangat besar dan lebih tepat untuk area pedesaan. Pada saat ini dikembangkan program pemanfaatan PLTS 1000 pulau oleh PT. PLN Persero yang bertujuan mengurangi ketergantungan pada PLTD.

Pemanfaatan di kota besar dengan SHS yang memungkinkan ialah dengan pemasangan di atas atap rumah.

#### 3.3. Analisis Terhadap Sistem Penyimpan Daya

Kekurangan PLTS ialah panel surya tidak menghasilkan listrik di malam hari. Oleh karena itu teknologi ini memerlukan unit penyimpan daya atau accu. Percobaan dengan bahan baru seperti *Nicle Cadnium*, atau *Nicle Metal Hibrid*, yang dikembangkan untuk kendaraan listrik kurang tepat karena mahal, sehingga tetap dipergunakan accu basah yang umum dikenal sebagai accu kendaraan.

Mengingat biaya yang harus dikeluarkan untuk penyimpanan besar, maka PLTS tanpa penyimpan daya dapat diintegrasikan dengan PLTD yaitu sistem hibrid, dimana PLTS beroperasi pada siang hari dan PLTD pada malam hari.

PLTS dengan kapasitas besar juga dapat diintegrasikan dengan sistem *pump storage* sebagai penyimpan daya, dimana daya yang dibangkitkan di siang hari hanya dipergunakan sebagian dan kelebihan daya dipergunakan untuk memompa air ke waduk atau "*water storage*". Pada saat malam hari air dari waduk dapat dipergunakan untuk membangkitkan daya. Kekurangan sistem ini ialah rugi-rugi yang relatif besar, baik dari pompa air maupun dari turbin air dan generator sedangkan keuntungannya ialah

tidak memerlukan penyimpanan daya ataupun integrasi dengan PLTD yang menggunakan BBM.



Gambar 6. Sistem “Pump Storage”

Gambar 6. Menunjukkan sistem kerja “pump storage” yaitu memompa air pada saat kebutuhan listrik rendah dan mengoperasikan turbin air pada saat kebutuhan listrik tinggi dan Gambar 7. Menunjukkan ilustrasi PLTS – Pump Storage terintegrasi.



Gambar 6. Integrasi PLTS dengan “Pump Storage”

### 3.4. Analisis terhadap kapasitas unit.

Pada RUPTL dibahas pengembangan PLTS untuk skala kecil yang meliputi 1 KW sampai 10 MW. Mengingat sistem PLTS dibagi menjadi dua yaitu mandiri (*stand alone*) dan tersambung ke grid (*grid connected*), maka akan memerlukan suatu manajemen tersendiri dalam mengelola sistem “*grid connected*” yang terdiri dari beribu sambungan.

Saat ini PLN dengan program PLTS 1000 pulau menerapkan sistem on-grid yaitu PLTS kapasitas besar yang beroperasi untuk memenuhi beban dasar suatu wilayah di siang hari dan PLTD beroperasi pada sore dan malam hari.

Di masa mendatang perlu dikembangkan sistem PLTS “*grid connected*” dengan kapasitas yang cukup besar pada gedung perkantoran, kompleks perumahan, maupun wilayah dimana pengoperasian dan perawatan dapat lebih efisien

dan relatif akan lebih murah bila diintegrasikan pada sistem kelistrikan yang telah menggunakan PLTD.

Di negara maju seperti Jepang telah diterapkan kebijakan subsidi sampai 50% untuk pembelian unit PLTS bagi rumah tangga atau industri yang bersedia untuk mengoperasikan PLTS. Kebijakan ini secara umum dapat memberikan keuntungan bagi pengguna PLTS, industri pembuat PLTS serta negara karena mengurangi kebutuhan akan bahan bakar pada pembangkitan listrik.

## 4. KESIMPULAN

- Kesimpulan yang dapat disampaikan dalam pengembangan PLTS di Indonesia antara lain adalah :
- Penerapan teknologi PLTS di masa mendatang adalah sebagai pengganti atau substitusi penggunaan BBM pada PLTD, maupun untuk meningkatkan rasio kelistrikan. Pengembangan PLTS kapasitas besar pada pulau pulau dan wilayah diluar Jawa oleh PLN dengan sistem *on grid* maupun *off grid* akan sangat mendukung pengurangan penggunaan BBM dengan PLTD.
- Pembangunan PLTS secara tersentralisasi akan memudahkan pengoperasian, perawatan dan perbaikan serta penyediaan suku cadang.
- Perlu segera dibangun industri *ingot silikon* untuk mengantisipasi peningkatan kebutuhan panel surya pada pengembangan program PLTS secara besar-besaran di Indonesia.
- Pembangunan PLTS mandiri di masa mendatang tidak hanya terkonsentrasi pada unit kecil, tetapi juga pada unit yang besar baik di pedesaan maupun di perkotaan. Untuk itu akan diperlukan kebijakan Pemerintah dalam mendukung penggunaan dan industri PLTS melalui upaya standarisasi produk, subsidi, fiskal serta kebijakan lainnya.
- Perlu dipikirkan untuk mengintegrasikan pembangunan PLTS dengan pembangunan *Pump Storage* pada pulau-pulau atau wilayah terpencil sehingga pemanfaatan PLTS dapat lebih fleksibel dalam penyediaan listrik dapat memenuhi kebutuhan listrik pada siang maupun malam hari, tidak memerlukan penyimpanan daya/accu, dan tidak memerlukan penyediaan BBM.
- Mengingat prospeknya yang sangat baik, perlu disusun kebijakan perundangan untuk mendukung pengembangan PLTS

baik untuk PLTS mandiri maupun terintegrasi atau *grid connected* agar PLTS lebih berperan dalam sistem kelistrikan di Indonesia di masa mendatang.

#### DAFTAR PUSTAKA.

Boyle, Godfrey, “ *Renewable Energy, Power for a Sustainable Future*”, Oxford University Press, UK, 2003.

BPPT (2011) *Outlook Energi Indonesia 2011*, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta.

Energi Baru dan Terbarukan, Kondisi EBT, Renewable Energy di Indonesia, Minggu, 12 Pebruari 2012. <http://energibarudanterbarukan.blogspot.com/2011/02/kondisi-ebt-saat-ini-di-indonesia.html>.

Gammal, Adel El, 2010, *Photovoltaics, Tomorrow's Technology Available Today*, *Climate Action 2009/2010*, p 86-89.

Kepres N0.5 Tahun 2006, “Kebijakan Energi Nasional 2006 – 2025.

Menko. Perekonomian, Master Plan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia 2011 - 2015, Jakarta , 2011.

Photovoltaic Systems, *18 Years of Online Green Building information*, [http:// photovoltaics.sustainablesources.com/](http://photovoltaics.sustainablesources.com/)

PLN. *PT, Persero*, Rencana Umum Pengembangan Tenaga Listrik RUPTL 2010 - 2019, Jakarta 2011.

Raharjo, I., Fitriana, I, Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia, Strategi Penyediaan Listrik Nasional Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara Skala Kecil, PLTN, dan Energi Terbarukan, P3TKKE, BPPT, Januari 2005.

*State of California Energy Commission, Buying a Photovoltaic Solar Electric System, A Consumer Guide, Handbook, 2003 Edition, 2003*, [http://www.energy.ca.gov/reports/2003-03-11\\_500-03-014F.PDF](http://www.energy.ca.gov/reports/2003-03-11_500-03-014F.PDF).

Suryati, Yulia, KLH, *Indonesia's National Climate Change Action Plan and MRV, 18th Asia Pacific Seminar: “Architecture of an Effective Future Regime”*, Hanoi, 2-3 March 2009.